

III-515

室内試験による比貯留係数の測定

岡山大学 西垣 誠

(株)復建調査設計 ○菅野雄一

1.はじめに

近年、地下構造物の建設による長期的な地下水への影響を予測する必要がでてきた。非定常の数値解析には、地盤の比貯留係数が重要なパラメータとなる。しかし、比貯留係数は、揚水試験や単孔式の原位置試験で決定されるだけで、室内においては、その試験法は、提案されていない。本研究では、西垣により提案されたフローポンプを用いた定流量注水試験より比貯留係数を決定することを試み、また、比貯留係数と飽和度の関係の決定についても論議する。

2.実験装置

フローポンプ法は、Roger(1988)ら¹⁾によって考案された透水試験法であり、軟透水性の粘土を対象としたものである。Rogerらは、透水係数の決定を示しているが、比貯留係数の決定法に関して示していない。そこで著者らは、理論曲線とフローポンプ法による観測値のマッチングによる比貯留係数の決定法を提案した²⁾。定流量注水試験の実験装置は、図-1に示す。実験装置の構成は、フローポンプ部、Backpressure部、水圧計測部、供試体からなる。実験は、フローポンプにより一定流量で供試体に注水することによる供試体端部の水頭経時変化を計測することで実施される。

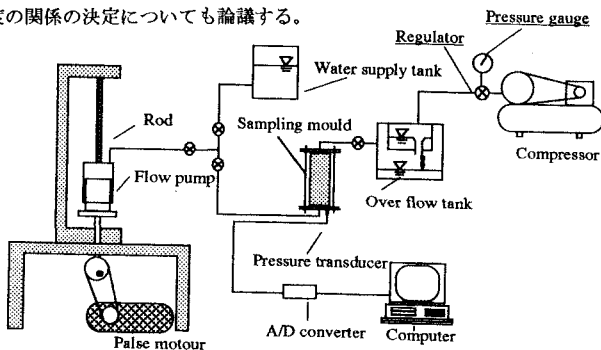


図-1 定流量注水試験装置

一次元の浸透式を解くことにより、式(5)で示される理論曲線が得られる。これを実験より得られた水頭経時変化の観測値を片対数あるいは両対数紙上でマッチングさせ、そのマッチポイントの軸の読みを算定式に代入して、比貯留係数と透水係数を決定する。

$$\text{支配方程式} \quad k \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

$$\text{初期条件} \quad h(x, 0) = 0 \quad (2)$$

境界条件

$$-k \frac{\partial h}{\partial x} \Big|_{x=0} = q_0 \quad (3)$$

$$h(l, t) = 0 \quad (4)$$

理論式

$$h_0^* = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\exp[-(2n+1)^2 \pi^2 \tau / 4]}{(2n+1)^2} \quad (5)$$

ここで、 l は、試料長

$$h^* = \frac{h(0, t)}{h(0, \infty)} \quad (6)$$

$$\tau = \frac{k t}{S_s l^2} \quad (7)$$

(1) 片対数紙上での比貯留係数と透水係数の決定

まず、透水係数は、式(8)より求める。次に、観測値の水頭のスケールを理論値と同じ大きさにして、マッチングを行ない、マッチポイントの横軸より、 (t, τ) 決定して、比貯留係数を式(9)より決定する。

$$k = \frac{q_0 l}{h_{0s}} \quad (8)$$

$$S_s = \frac{k t}{\tau l^2} \quad (9)$$

4.比貯留係数と飽和度の関係の決定

供試体にまき土を用い、供試体の下流部にBack pressureを与えて、飽和度を高める方法により実験を実施した。Back pressureにより飽和度を78.44、82.57、85.42、88.89%の4段階に変化させた。まず、図-2、3、4、5に片対数紙上での観測値と理論曲線のマッチングを示す。これらの図は、曲線の前半では、観測値の立ち上がりが、多少小さいものの後半の曲線形状は、理論曲線と非常に良く合っている。図-6には、飽和度と透水係数の関係を示し、透水係数への飽和度の影響が大きいことを確認した。

著者らは定流量注水試験法より得た比貯留係数を考察するために飽和度を考慮した比貯留係数の式との比較を行った。水の

圧縮や土粒子の構造骨格の変化は、空気圧縮に比べて非常に小さく無視できるため不飽和での比貯留係数は、空気圧縮に大きく依存すると考えられる。定常状態での不飽和土の比貯留係数を式(10)のように置換して、実験結果より得られた比貯留係数と比較した結果を図-7に示す。 γ は、空気圧縮率であり、ボイル・シャルルの法則より、定常的に求めたものである。 ρ_a は、空気密度で圧力と温度の関数である。

$$S_s = \rho_a g(1 - S_w) \gamma \quad (10) \quad \gamma = \frac{1}{p} \quad (11)$$

図-7より、定流量注水試験より求めた比貯留係数は、式(10)で表現した比貯留係数と非常に良い一致を示している。これらの結果より、比貯留係数は飽和度が増加するにつれて小さくなり、地盤内の圧力にも大きく依存することが分かる。この結果より実際の地盤に関して、推測すると飽和度が一定であるなら地下深部になるほど圧力は、大きくなり比貯留係数は、小さくなっていると考えられる。また、注水試験や揚水試験により地盤の圧力を変化させる場合、圧力の変化とともに比貯留係数は、変化していると考えられる。

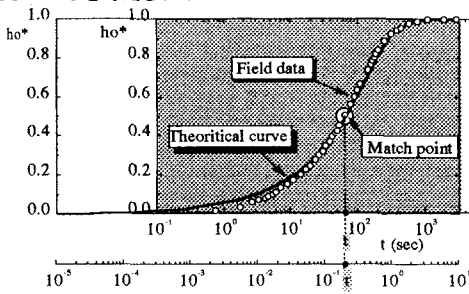


図-2 観測値と理論曲線のマッチング
(飽和度 78.89%)

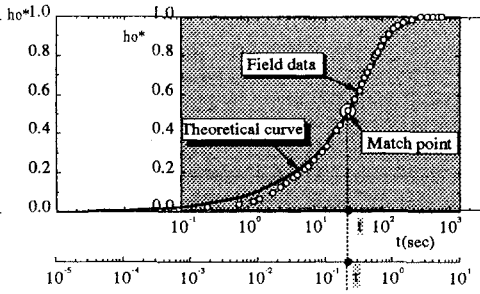


図-3 観測値と理論曲線のマッチング
(飽和度 82.57%)

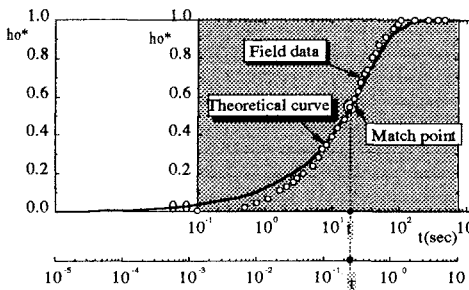


図-4 観測値と理論曲線のマッチング
(飽和度 85.42%)

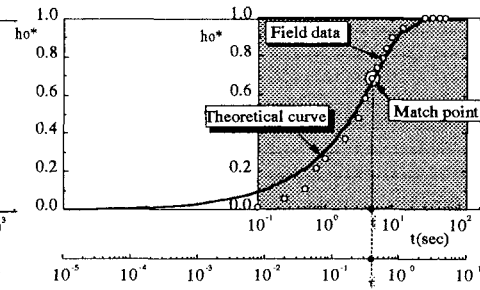


図-5 観測値と理論曲線のマッチング
(飽和度 88.89%)

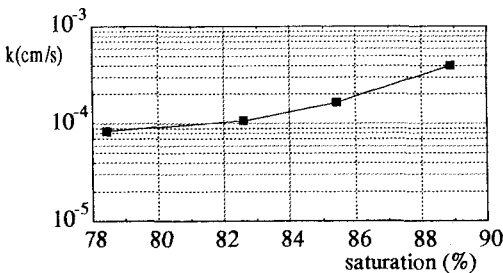


図-6 透水係数と飽和度の関係

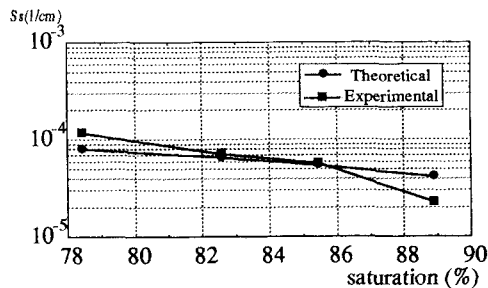


図-7 定流量注水試験結果と理論式の比較

参考文献

- 1) Roger H.Morin and Harold W.Olsen:Theoretical Analysis of Transient Pressure Response From Rate Hydraulic Conductivity test. ,Water .Res .,vol.23,No.8,pp.1461-1470,1987.
- 2) 西垣 誠：室内試験による比貯留係数の測定法、土質工学会年次講演会、1993.